

沙打旺组培根对其它作物种的生长干扰*

于福科 马永清** 税军峰 李秀维

(中国科学院水利部水土保持研究所 西北农林科技大学, 杨凌 712100)

摘要 采用正交设计, 研究了 B₅ 培养基蔗糖和大量元素、微量元素及有机组分含量调节对沙打旺组培根生长的影响; 并采用玻璃皿滤纸培养法, 进行了培养滤液对萝卜和小麦幼苗生长干扰作用的研究. 结果表明, 培养滤液的生长干扰作用实际是化感效应; 同时, 营养胁迫是引发沙打旺化感效应的重要原因. 有望为探明沙打旺化感作用营养胁迫机理提供初步的科学依据.

关键词 沙打旺 组培根 培养滤液 化感作用

文章编号 1001- 9332(2005)04- 0758- 05 **中图分类号** S543; Q948. 12⁺ 2. 1 **文献标识码** A

Effects of cultured *Astragalus adsurgens* root on other plants growth. YU Fuke, MA Yongqing, SHUI Junfeng and LI Xiwei (Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Northwest SciTech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China).

2Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(4): 758~ 762.

By using orthogonal design, this paper investigated the growth of cultured prairie milk vetch (*Astragalus adsurgens*) root on the B₅ medium with different contents of sucrose, macro and microelements and organic supplements, and adopting the method of filter paper culture in Petri dish, studied the effects of *A. adsurgens* culture filtrate on the seedling growth of radish (*Raphanus sativus*) and wheat (*Triticum aestivum*). The results showed that the effect of *A. adsurgens* culture filtrate on *R. sativus* and *T. aestivum* seedling growth was of allelopathic, and nutritional stress might be the important cause of *A. adsurgens* allelopathy.

Key words *Astragalus adsurgens*, Cultured root, Culture filtrate, Allelopathy.

1 引言

沙打旺(*Astragalus adsurgens*)系我国特有的黄芩属多年生牧草. 因其具适应性广、抗逆性强、富含蛋白质、适口性好等优良特性^[21], 在我国北方干旱区种植已达百年. 然而, 生长期长、结实率低、落籽性强等缺陷^[21], 给其推广应用带来一定困难.

近几年, 有关沙打旺的研究涉及到其生物学特性^[12, 24, 26]、种植和利用^[18, 20, 29]、遗传特性^[7, 8]、优良品种选育^[3, 22]、组培再生^[13~ 17, 23, 28]、病原学研究^[9, 25]、病虫害调查与防治^[11, 19]等. 其中以沙打旺生态学的研究最引人注目. 如邹厚远等^[30, 31]发现, 沙打旺人工种群能加速草原百里香地椒群落较短时期内演替为长芒草顶级群落; 关秀琦等^[4]指出, 在衰退的沙打旺人工草地上播种的深根性豆科牧草生长不良, 而浅根性禾本科牧草则生长正常; 刘洪岭等^[10]指出, 沙打旺种植样地后茬作物谷子产量及生物量显著低于无芒雀麦种植样地. 此类现象普遍被认为由种间竞争^[1, 2]引起, 是否与化感作用有关呢?

目前尚缺乏有力证据.

为了避免自然条件下诸多外来因素的干扰, 采用无菌条件下培养组培根的方法研究沙打旺与其它物种之间有无化感作用. 在前期研究中, 我们发现沙打旺组培根培养滤液有一定的生长干扰作用, 而该干扰作用与培养滤液中的残留养分无关. 笔者就培养基组分调节对沙打旺组培根生长的影响及其培养滤液对萝卜和小麦幼苗的生长干扰效应作一报道, 以期从养分胁迫的角度探索沙打旺是否对其它物种具有化感效应.

2 材料与方法

2.1 1 无菌组培根培养

B₅ 培养基为基本培养基, 本研究室建立的沙打旺组培根无性系为材料. 设置 3 组正交试验^[27]: 即调节蔗糖和大量元素、微量元素和有机组分的含量. 试验设计分别见表 1~

* 中国科学院水利部水土保持研究所领域前沿研究资助项目 (C124).

** 通讯联系人. E2mail: yongqingma@nwsuaf.edu.cn
2004- 07- 02 收稿, 2004- 11- 15 接受.

3. 每组试验各有 9 个处理, 每个处理设置 4 个重复. 实验采用 100 ml 三角瓶, 每瓶装改良 B₅ 培养基 25 ml, 转接无菌组培根 0.1 g. 室温下摇床培养 18 d 后收取根, 用冷冻干燥机冻干, 称取干重, 并对根干重作极差分析. 用过的培养基(溶液)按不同处理过滤、收集, 所得滤液即为培养基过滤液.

表 1 蔗糖和大量元素含量调节 L₉(3⁵) 正交设计
Table 1 Orthogonal design of L₉(3⁵) for content adjustment of sugar and mass elements

处理号 Treatment No.	因子代号 Codes of factors				
	A	B	C	D	E
	蔗糖 Sucrose (%)	氮 Nitrogen (mmo#L ⁻¹)	H ₂ PO ₄ ⁻ (mmo#L ⁻¹)	Ca ²⁺ (mmo#L ⁻¹)	Mg ²⁺ (mmo#L ⁻¹)
1	11 00(1)	13140(1)	0155(1)	0150(1)	0151(1)
2	11 00(1)	26180(2)	1110(2)	1100(2)	1102(2)
3	11 00(1)	40120(3)	1165(3)	1150(3)	1153(3)
4	21 00(2)	13140(1)	1110(2)	0150(1)	1102(2)
5	21 00(2)	26180(2)	1165(3)	1150(3)	0151(1)
6	21 00(2)	40120(3)	0155(1)	1100(2)	1153(3)
7	31 00(3)	13140(1)	1165(3)	1150(3)	0151(1)
8	31 00(3)	26180(2)	0155(1)	1100(2)	1153(3)
9	31 00(3)	40120(3)	1110(2)	0150(1)	1102(2)

表 2 微量元素含量调节 L₉(3⁸) 正交设计
Table 2 Orthogonal design of L₉(3⁸) for content adjustment of trace elements

处理号 Treatment No.	因子代号 Codes of factors							
	F	G	H	I	J	K	L	M
	Fe ²⁺ (mmo#L ⁻¹)	Mn ²⁺ (Lmo#L ⁻¹)	Cu ²⁺ (Lmo#L ⁻¹)	Zn ²⁺ (Lmo#L ⁻¹)	BO ₃ ⁻ (Lmo#L ⁻¹)	MoO ₄ ²⁻ (Lmo#L ⁻¹)	Co ²⁺ (Lmo#L ⁻¹)	I ⁻ (Lmo#L ⁻¹)
1	01 05(1)	311 39(1)	01 08(1)	31 48(1)	241 19(1)	01 52(1)	01 05(1)	21 26(1)
2	01 05(1)	621 78(2)	01 16(2)	61 94(2)	481 38(2)	11 03(2)	01 10(2)	41 52(2)
3	01 05(1)	941 17(3)	01 24(3)	101 42(3)	721 57(3)	11 55(3)	01 15(3)	61 78(3)
4	01 10(2)	311 39(1)	01 16(2)	31 48(1)	481 38(2)	11 55(3)	01 15(3)	21 26(1)
5	01 10(2)	621 78(2)	01 24(3)	101 42(3)	241 19(1)	11 03(2)	01 05(1)	61 78(3)
6	01 10(2)	941 17(3)	01 08(1)	61 94(2)	721 57(3)	01 52(1)	01 10(2)	41 52(2)
7	01 15(3)	311 39(1)	01 24(3)	101 42(3)	241 19(1)	11 03(2)	01 10(2)	41 52(2)
8	01 15(3)	621 78(2)	01 08(1)	61 94(2)	721 57(3)	01 52(1)	01 15(3)	21 26(1)
9	01 15(3)	941 17(3)	01 16(2)	31 48(1)	481 38(2)	11 55(3)	01 05(1)	61 78(3)

表 3 有机组分含量调节 L₉(3²) 正交设计
Table 3 Orthogonal design of L₉(3²) for content adjustment of organic supplements

处理号 Treatment No.	因子代号 Codes of factors				
	N				O
	C ₈ H ₁₂ CNO ₃ (Lmo#L ⁻¹)	C ₁₂ H ₁₈ O ₂ N ₄ OS (Lmo#L ⁻¹)	C ₆ H ₅ O ₂ N (Lmo#L ⁻¹)	C ₆ H ₁₂ O ₆ (mmo#L ⁻¹)	NAA (Lmo#L ⁻¹)
1	31 65	22124	61 09	01 42	(1) 11 61(1)
2	31 65	22124	61 09	01 42	(1) 21 15(2)
3	31 65	22124	61 09	01 42	(1) 21 69(3)
4	41 86	29165	81 12	01 56	(2) 11 61(1)
5	41 86	29165	81 12	01 56	(2) 21 15(2)
6	41 86	29165	81 12	01 56	(2) 21 69(3)
7	61 08	37106	10115	01 69	(3) 11 61(1)
8	61 08	37106	10115	01 69	(3) 21 15(2)
9	61 08	37106	10115	01 69	(3) 21 69(3)

0.1 g 沙打旺组培根培养 18 d 后的干重统计结果(图 1)表明, 调节 B₅ 培养基蔗糖和大量元素、微量元素及有机组分含量对沙打旺组培根的生长均具有一定程度的影响.

21 2 培养滤液对受体植物幼苗生长影响试验

同样设置 3 组试验: 即用 21 1 所述 3 组试验各处理的培养滤液处理萝卜(西农青丰冬)和小麦(小偃 22 号)种子, 以蒸馏水处理作对照(CK), 进行玻璃皿滤纸培养^[6]. 每组试验同样各有 9 个处理(CK 除外), 每个处理培养两种种子各 30 粒, 即 30 次重复. 具体做法: 每只玻璃皿(直径 10 cm)内铺 2 层定性滤纸(直径 9 cm), 按不同处理加入相应培养滤液 3 ml, 取萝卜或小麦种子 10 粒均匀分布其中, 置于 25 e 的黑暗环境中培养. 分别测量培养 48 h 时萝卜胚根长、64 h 时小麦胚根和胚芽长. 分别对每组试验 9 个处理下两种受体植物幼苗生长的统计指标(胚根、胚芽长)作极差分析.

3 结果与分析

311 B₅ 培养基营养物质含量调节对沙打旺组培根生长的影响

由图 1 可知, 蔗糖和大量元素试验处理 6 和 8 的组培根干重最高, 而处理 1 和 3 最低. 分析前两种处理与后两种处理在组合因素水平上的差异, 不难发现, 培养基蔗糖和大量元素含量偏高或偏低, 均不利于沙打旺组培根的生长. 微量元素试验处理 3 和 6 的根干重很接近. 而实际上, 这两种处理各因素水平差异很大, 表明培养基微量元素较大幅度增加或减少, 对沙打旺组培根的再生与繁殖并无显著影响. 有机组分含量调节试验中, 当盐酸吡哆辛等含量在中低水平时, 随 NAA 含量的增加, 沙打旺组培根的生长逐渐加快, 但幅度不大; 相反, 当盐酸吡哆辛等含量较高时, 沙打旺组培根的生长将随 NAA 含量的减少显著加快. 可见沙打旺组培根的生长对有机组分, 尤其对 NAA 含量要求比较严格.

3 组正交试验组培根干重极差分析表明, 对于沙打旺组培根生长而言, 最佳的蔗糖和大量元素含

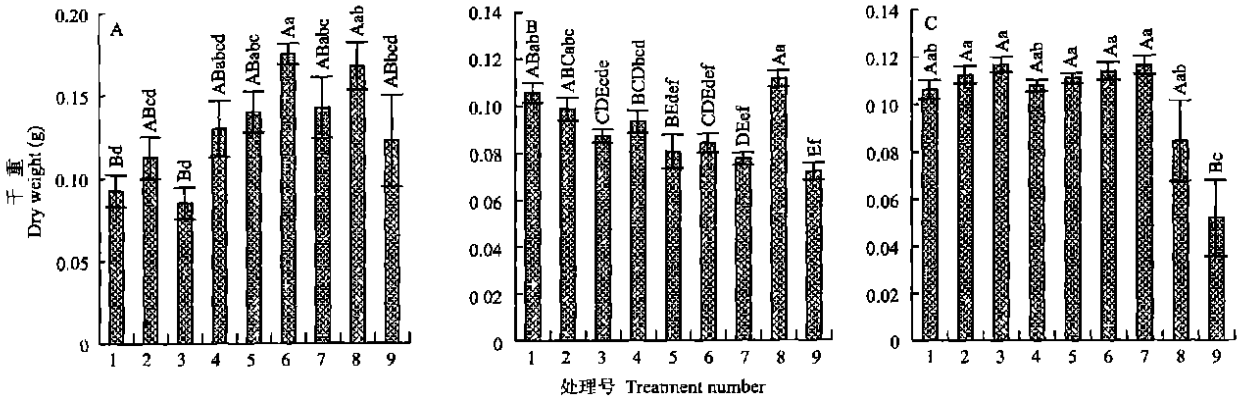


图1 不同处理组培根干重比较(LSD法)

Fig. 1 Comparison on cultured root dry weight of different treatment (LSD).

A: 蔗糖和大量元素 Sugar and mass elements; B: 微量元素 Trace elements; C: 有机组分 Organic supplements.

* 相同字母表示在 $P = 0.10$ (大写字母) 和 $P = 0.05$ (小写字母) 时差异不显著 The same letters indicates no significant difference at level of $P = 0.10$ (capital letters) and $P = 0.05$ (small letters).

量组合为: 蔗糖 2100% + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1102 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ + KNO_3 24175 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ + $\text{NaH}_2\text{PO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ 0155 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ + $\text{CaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1100 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ + $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1153 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$; 而且, 蔗糖用量对组培根生长的影响较大, Ca^{2+} 、 H_2PO_4^- 、 Mg^{2+} 次之, 氮的影响较小. 最佳的微量元素含量组合为: $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0105 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ + $\text{MnSO}_4\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 62178 $\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$ + $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0108 $\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$ + $\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 6194 $\text{Lmol}\cdot\text{L}^{-1}$ + H_3BO_3 24119 $\text{Lmol}\cdot\text{L}^{-1}$ + $\text{Na}_2\text{MoO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0152 $\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$ + $\text{CoCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0110 $\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$ + KI 2126 $\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$; 在各微量元素中, MoO_4^{2-} 对组培根生长的影响最大, CO_3^{2-} 的影响最小. 最佳有机组分含量组合为: 盐酸吡哆辛 3165 $\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$ + 盐酸硫胺素 22124 $\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$ + 烟酸 6109 $\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$ + 肌醇 0142 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ + NAA 1161 $\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$; 此外, 与其它有机组分整体作用相比, NAA 影响相对较小.

312 培养滤液对受体植物幼苗生长的影响

玻璃皿滤纸培养 48 h 时萝卜胚根长、64 h 时小麦胚根和胚芽长统计分析结果显示, 与对照比较, 培养滤液对萝卜和小麦幼苗的生长均具有一定的抑制作用. 蔗糖和大量元素试验中, 处理 3、7、9 培养滤液对萝卜胚根抑制作用较强, 处理 1、2、4 较弱; 处理

4、7、8、9 对小麦胚根和胚芽的抑制作用较强, 而其余处理较弱. 微量元素试验各种处理的培养滤液对萝卜胚根抑制作用无明显差异; 处理 1 对小麦胚根的抑制作用最弱, 而其余处理较强, 但相互间无显著差异; 各处理培养滤液对小麦胚芽的抑制作用比较接近. 有机组分试验中, 处理 1 和 8 培养滤液对萝卜胚根, 处理 9 对小麦胚根生长表现出较强的抑制作用, 而其余处理的抑制作用较弱, 且处理间的差异不明显; 除处理 8 外, 其余各种处理对小麦胚芽生长均产生抑制作用, 但处理间无明显差异.

313 具有抑制作用的因素水平优化组合的筛选

根据两种植物不同处理 (CK 除外) 幼苗生长指标极差分析 (略), 筛选出具有强烈抑制作用的蔗糖和大量元素、微量元素、有机组分的最优化组合. 结果见表 4~ 6.

表4 具有强烈抑制作用的蔗糖和大量元素含量优化组合

Table 4 Optimal content combinations of sugar and mass elements with strong inhibition

抑制部位 Inhibited parts	蔗糖 Sucrose (%)	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	KNO_3 ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	NaH_2PO_4 ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	CaCl_2 ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	MgSO_4 ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)
A	3100	1153	37113	1165	1150	1153
B	3100	1102	24176	1110	1150	1102
C	3100	0151	12138	1110	0150	1102

A: 萝卜胚根 Radish radicle; B: 小麦胚根 Wheat radicle; C: 小麦胚芽 Wheat coleoptile. 下同 The same below.

表5 具有强烈抑制作用的微量元素含量优化组合

Table 5 Optimal content combinations of trace elements with strong inhibition

抑制部位 Inhibited parts	FeSO_4 ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	MnSO_4 ($\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$)	CuSO_4 ($\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$)	ZnSO_4 ($\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$)	H_3BO_3 ($\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$)	Na_2MoO_4 ($\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$)	CoCl_2 ($\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$)	KI ($\text{Lmo}\cdot\text{L}^{-1}$)
A	0115	62178	0116	6194	48138	1103	0110	4152
B	0115	94117	0124	10142	72157	1103	0110	4152
C	0115	94117	0124	10142	24119	1155	0105	6178

表 6 具有强烈抑制作用的有机组分含量优化组合

Table 6 Optimal content combinations of organic supplements with strong inhibition

抑制部位 Inhibited parts	$C_8H_{12}ClNO_3$ ($Lmo\#L^{-1}$)	$C_{12}H_{18}Cl_2N_4OS$ ($Lmo\#L^{-1}$)	$C_6H_5O_2N$ ($Lmo\#L^{-1}$)	$C_6H_{12}O_6$ ($mmo\#L^{-1}$)	NAA ($Lmo\#L^{-1}$)
A	6108	37106	10115	0169	2115
B	6108	37106	10115	0169	2169
C	4186	29165	8112	0156	2169

4 讨 论

无论在自然条件下还是在人工模拟微环境,植物的生长与发育均与养分条件相关. 研究表明,沙打旺组培根的生长受蔗糖和大量元素、微量元素、有机组分含量变化的影响不同. 这反映了沙打旺组培根对培养基不同组分条件的变化具有不同的敏感度. 在试验范围内,蔗糖对组培根生长的影响较大,因为它是培养材料最直接的碳源. 微量元素对组培根的生长不可或缺,但其含量变化所产生的影响不大;研究发现, MoO_4^{2-} 对组培根生长的影响相对其它微量元素较大,这与贾恒义等^[5]关于沙打旺对施入营养物质效应的研究结论比较一致. 激素类物质的种类与用量很大程度上决定组培工作的成败,但激素物质与其它有机组分组合又涉及到非常复杂的系统效应;本研究未将盐酸吡哆辛、盐酸硫胺素、烟酸、肌醇等分别作为单一因子考虑,原因正在于此.

前已述及,培养滤液的生长干扰作用与其中的养分残留无关. 据此可判断,在组培根生长过程中可能有生长抑制物质产生. 由于组培根的培养是在无菌条件下进行,故生长抑制物质的来源只有一条途径,即组培根自身分泌,说明沙打旺对其它物种具有化感效应. 我们的同步研究表明,沙打旺还具有一定的自毒作用,鉴于篇幅原因,本文从略.

不同的培养滤液对受体植物幼苗生长的影响有一定差异,这与培养基组分原始含量的调节有关. 因为受不同养分条件的胁迫,组培根分泌的生长抑制物质种类及其释放量可能不尽相同,表明营养胁迫可能是诱发沙打旺化感效应的因素. 但是,在众多养分因子中,哪些因子在诱发化感效应中具有主导作用? 化感效应与各种主导因子之间存在着什么样的相关性? 这些问题将是我们的后期研究的主要内容.

参考文献

- Dong KH(董宽虎), Wang LJ(王建军), Yang QY(杨桂英), et al. 1994. Study on banded improved pasture of high slope. Pratacul Sci(草业科学), 11(2): 30~ 34(in Chinese)
- Du GQ(杜刚强), Qu ZQ(曲志强), Hang ZZ(黄泽在). 1994. The study of balancing law and renewing cycle of forage water in arid region farmland. Pratacul Sci(草业科学), 11(3): 25~ 28(in Chinese)
- Du XR(杜向荣), Wang QS(王继石), Shi JZ(史经肇), et al. 2003. Breeding of Astragalus adsurgens cultivar with white and multicolor flowers. Acta Pratacul Sin(草业学报), 12(5): 99~ 102(in Chinese)
- Guan XQ(关秀琦), Zhou H2Y(邹厚远), Lu ZY(鲁子瑜), et al. 1994. Study on sustainable development of the grassland production in Loess Plateau N. Grass varieties alternation in the declined artificial grassland of Astragalus adsurgens. Res Soil Water Conser(水土保持研究), 1(3): 56~ 60(in Chinese)
- Jia H2Y(贾恒义), Cheng P2H(程浦海), Mu XM(穆兴民), et al. 1994. A preliminary study on the effect of Medicago sativa and Astragalus adsurgens in response to nutrient element applied. Res Soil Water Conser(水土保持研究), 1(3): 120~ 127(in Chinese)
- Leather GR, Einhelling FA. 1986. Bioassay in the study of allelopathy. In: Putnam AR, Tang CS, eds. The Science of Allelopathy. New York: John Wiley and Sons. 133~ 145
- Li R2F(李瑞芬), Li C(李 聪), Su JK(苏加楷). 2001. Genetic diversity of Astragalus adsurgens Pall germlip by RAPD analysis. Acta Agre Sin(草地学报), 9(3): 171~ 176(in Chinese)
- Li R2F(李瑞芬), Li C(李 聪), Su JK(苏加楷). 2001. Interspecific cross incompatibility between Astragalus adsurgens Pall and Astragalus cicer L. Acta Agre Sin(草地学报), 9(1): 8~ 15(in Chinese)
- Liu A2P(刘爱萍), Sun QZ(孙启忠), Hu J(胡 俊), et al. 2003. Biological study on root rot pathogen of Astragalus adsurgens Pall. Grassl China(中国草地), 25(2): 72~ 74(in Chinese)
- Liu H2L(刘洪岭), Li X2L(李香兰), Liang Y2M(梁一民). 1998. Effects of raising soil fertilities by planting different forage species on newly built terrence land on China loess hilly regions. Acta Bot Borea2Occident Sin(西北植物学报), 18(2): 287~ 291(in Chinese)
- Liu JN(刘建宁), Wang Y2Q(王运琦). 2000. A preliminary study on epidemic pattern and chemical control measures of Erysiphe pisi of Astragalus adsurgens. Grassl China(中国草地), 22(3): 48~ 49(in Chinese)
- Liu Y2Y(刘愿英), Liu J2J(刘建军), Liu JX(刘建秀). 2000. Preliminary study on reason of normal ripening of creeping type of Astragalus adsurgens Pall under low temperature. Agric Res Arid Areas(干旱区农业研究), 18(4): 88~ 93(in Chinese)
- Luo J2P(罗建平), Gu Y2H(顾月华), Wang J2B(王圣兵), et al. 1999. Effects of ascorbic acid on membrane damage and activity of some related enzyme in Astragalus adsurgens protoplasts during their isolation and culture. Acta Phytophysiol Sin(植物生理学报), 25(4): 343~ 349(in Chinese)
- Luo J2P(罗建平), Jia J2F(贾敬芬), Gu Y2H(顾月华), et al. 2000. Improved protoplast-derived plants of Astragalus adsurgens through somatic embryogenesis. Chin J Biotechnol(生物工程学报), 16(1): 17~ 21(in Chinese)
- Luo J2P(罗建平), Jia J2F(贾敬芬), Gu Y2H(顾月华). 2000. Selection of ethionin-resistant variant in the forage legume Astragalus adsurgens. Acta Agron Sin(作物学报), 26(6): 789~ 794(in Chinese)
- Luo J2P(罗建平), Jia J2F(贾敬芬), Gu Y2H(顾月华). 1999. Regeneration of Astragalus adsurgens via somatic embryogenesis from cell suspension protoplasts. Acta Biol Exp Sin(实验生物学报), 32(4): 401~ 408
- Luo XM(罗希明), Zhao G2L(赵桂兰), Xie X2J(谢雪菊), et al. 1991. Plant regeneration from protoplast culture of Astragalus huangheensis. Acta Genet Sin(遗传学报), 18(3): 239~ 243(in Chinese)
- Ma Y2S(马玉胜). 2003. How to plant Astragalus adsurgens in sandlot. Sichuan Grassland(四川草原), (3): 37~ 38(in Chinese)
- Nan Z2B(南志标), Liu R(刘 若). 1997. Diseases of Astragalus adsurgens growing at five provinces of China and characteristics of their occurrence. Pratacul Sci(草业科学), 14(6): 30~ 34(in Chinese)
- Sun J2H(孙经华), Song M2Z(宋鸣筑), Zou J2S(邹济生). 1997.

- The establishment and utilization of *Astragalus adsurgens* artificial grassland at the border of Talimu basin. *Pratacul Sci* (草业科学), 14(2): 39~ 40(in Chinese)
- 21 Su SF(苏盛发). 1985. *Astragalus adsurgens*. Beijing: Agricultural Press. 1~ 32(in Chinese)
- 22 Wang W2G(王维国), Xu Y2J(许亚杰), Li T2G(李铁刚). 2000. Experimental research of seeding precocious *Astragalus adsurgens* plant in severe cold region. *Heilongjiang Hydr Eng Coll*(黑龙江水专学报), 27(4): 73~ 74(in Chinese)
- 23 Wang Y(王瑛), Jia J2F(贾敬芬). 1999. Selection and characteristics analysis of NaCl-tolerant cell line from *Astragalus adsurgens* callus cultures. *Chin J Appl Environ Biol*(应用与环境生物学报), 5(6): 547~ 550(in Chinese)
- 24 Wang Y2R(王彦荣), Zhang J2Q(张建全), Liu H2X(刘慧霞), et al. 2004. Physiological and ecological responses of alfalfa and milk vetch seed to PEG priming. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 24(3): 401~ 408(in Chinese)
- 25 Wei H2J(魏惠军), Shang H2S(商鸿生). An etiological study on Verticillium wilt of *Astragalus adsurgens*. Pathogenicity of isolates from different host to milk vetch and alfalfa. *Acta Pratacul Sin*(草业学报), 7(3): 41~ 45(in Chinese)
- 26 Xu BC(徐炳成), Shan L(山仑). 2003. A study comparing water use efficiency and root/shoot ratio of alfalfa and *Astragalus adsurgens* at seedling stage. *Acta Agr Sin*(草地学报), 11(1): 78~ 82(in Chinese)
- 27 Yuan Z2F(袁志发), Zhou J2Y(周静芋). 2000. Design and Analysis of Experiments. Beijing: Higher Education Press. 292~ 303(in Chinese)
- 28 Zhang C2G(张春光), Liu JL(刘静玲), Feng J(冯江). 1996. Study on callus induction and plantlet regeneration from leaf explants in *Astragalus adsurgens*. *Acta Agr Sin*(草地学报), 4(2): 148~ 154(in Chinese)
- 29 Zhang J(张进). 1997. Technology research on sowing *Astragalus adsurgens* Pallas by aircraft in Qinghai Province. *Civil Aviation Econ Technol*(民航经济与技术), (7): 43~ 44(in Chinese)
- 30 Zhou H2Y(邹厚远), Cheng JM(程积明), Lu Z2Y(鲁子瑜), et al. 1990. Testing on the effect of *Astragalus adsurgens* population on grassland vegetation evaluation. *Memoir of NIS WC, Academia Sinica and Ministry of Water Conservancy*(中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊), (11): 77~ 83(in Chinese)
- 31 Zhou H2Y(邹厚远), Lu Z2Y(鲁子瑜), Guan X2Q(关秀琦), et al. 1994. Study on sustainable development of the grassland production in Loess Plateau. Influence of the declined grassland evolution by reseeding *Astragalus adsurgens*. *Res Soil Water Conser*(水土保持研究), 1(3): 61~ 64(in Chinese)

作者简介 于福科,男,1976年生,在读博士.主要从事植物组织培养及化感作用研究,发表论文2篇. E-mail: Frank2yu@163.com

欢迎订阅 2005 年5应用生态学报6

5应用生态学报6(1990年创刊)是经国家科委批准、科学出版社出版的国内外发行的综合性学术刊物。本刊宗旨是坚持理论联系实际的办刊方向,结合科研、教学、生产实际,报导生态科学诸领域在应用基础研究方面具有创新的研究成果,交流基础研究和应用研究的最新信息,促进生态学研究为国民经济建设服务。

本刊专门登载有关应用生态学(主要包括森林生态学、农业生态学、草地牧业生态学、渔业生态学、自然资源生态学、全球生态学、污染生态学、化学生态学、生态工程和恢复生态学等)的综合性论文、创造性研究报告和研究简报等。

本刊读者对象主要是从事生态学、地学、林学、农学和环境科学研究、教学、生产的科技工作者,有关专业的大学生及经济管理和决策部门的工作者。

本刊与数十家相关学报级期刊建立了长期交换关系,5中国科学引文索引6、5中国生物学文摘6、美国5生物学文摘6(BA)、美国5化学文摘6(CA)、英国5生态学文摘6(EA)、日本5科学技术文献速报6(CBST)和俄罗斯5文摘杂志6()等十几种权威检索刊物均收录本刊的论文摘要(中英文),并被认定为5中国核心期刊(遴选)数据库6和5中国科学引文数据库6来源期刊。本刊的整体质量与水平已达到新的高度,1992年荣获全国优秀科技期刊三等奖和中国科学院优秀期刊二等奖,1996年荣获中国科学院优秀期刊三等奖,2000年荣获中国科学院优秀期刊二等奖,2001年入选中国期刊方阵双效期刊。

本刊为月刊, A4开本, 192页, 每月18日出版, 期定价45.00元, 全国各地邮政局(所)均可订阅, 邮发代号8-98. 错过订期也可直接向本刊编辑部邮购, 个人订阅优惠30%. 地址: 110016 辽宁省沈阳市文化72号5应用生态学报6编辑部. 电话: (024)83970393, E-mail: cjae@iae.ac.cn